

A influência do exercício físico sob o estresse oxidativo em idosos: uma revisão narrativa

The influence of physical exercise on oxidative stress in the elderly: a narrative review

La influencia del ejercicio físico sobre el estrés oxidativo en ancianos: una revisión narrativa

Everton Claudio da Silva¹, Antônio Paulo Nunes Azevedo da Silva¹, Weslan Vieira Malta¹, Bruno Basílio Cardoso de Lima¹, Aline da Silva Gomes¹, Pablo Renato José Lima Cavalcanti¹, Maria Clara da Silva¹, Miriam Cibele de Lira¹, Erik Henrique de Melo Ferreira.¹

RESUMO

Objetivo: Discorrer sobre a prática de exercícios físicos realizados por idosos e sua influência no estresse oxidativo. **Revisão bibliográfica:** Dependendo da modalidade do exercício físico, bem como a frequência em que é praticado, intensidade da sessão de treinamento, via energética predominante, entre outros, o sistema antioxidante é influenciado de maneira positiva, impactando diretamente na produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), e em biomarcadores de estresse oxidativo, como a peroxidação lipídica e na produção e expressão de proteínas atreladas ao estresse oxidativo em indivíduos idosos, levando-se em consideração a individualidade biológica, hábitos alimentares e a qualidade do sono. **Considerações Finais:** O exercício físico impacta de forma positiva no sistema antioxidante indicando que em algumas modalidades de exercício existe o aumento de enzimas que pertencem ao sistema antioxidante como catalase (CAT), Superóxido Dismutase (SOD) dentre outras, que intervêm no estresse oxidativo em idosos. Entretanto, são necessários mais estudos aprofundados que se voltem de forma específica para abordar essa temática.

Palavras-chave: Antioxidantes, Espécies Reativas de Oxigênio, Treinamento físico.

ABSTRACT

Objective: To discuss the practice of physical exercises performed by the elderly and its influence on oxidative stress. **Bibliographic review:** Depending on the type of physical exercise, as well as the frequency in which it is practiced, intensity of the training session, predominant energy pathway, among others, the antioxidant system is positively influenced, directly impacting the production of Reactive Oxygen Species (ROS), and in biomarkers of oxidative stress, such as lipid peroxidation and in the production and expression of proteins linked to oxidative stress in elderly individuals, taking into account biological individuality, eating habits and sleep quality. **Final Considerations:** Physical exercise has a positive impact on the antioxidant system, indicating that in some exercise modalities there is an increase in enzymes that belong to the antioxidant system such as catalase (CAT), Superoxide Dismutase (SOD) among others, which intervene in oxidative stress in seniors. However, more in-depth studies are needed to specifically address this issue.

Keywords: Antioxidants, Oxygen-reactive species, Physical training.

RESUMEN

Objetivo: Discutir la práctica de ejercicios físicos realizados por ancianos y su influencia en el estrés oxidativo. **Revisión bibliográfica:** Dependiendo del tipo de ejercicio físico, así como la frecuencia en que se practica, intensidad de la sesión de entrenamiento, vía energética predominante, entre otros, se influye positivamente en el sistema antioxidante, impactando directamente en la producción de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), y en biomarcadores de estrés oxidativo, como la peroxidación lipídica y en la producción y expresión de proteínas ligadas al estrés oxidativo en personas mayores, teniendo en cuenta la individualidad biológica,

¹ Centro Universitário (UNINASSAU), Caruaru – PE.

los hábitos alimentarios y la calidad del sueño. **Consideraciones Finales:** El ejercicio físico tiene un impacto positivo en el sistema antioxidante, indicando que en algunas modalidades de ejercicio se produce un aumento de enzimas pertenecientes al sistema antioxidante como la catalasa (CAT), Superóxido Dismutasa (SOD) entre otras, las cuales intervienen en Estrés oxidativo en personas mayores. Sin embargo, se necesitan estudios más profundos para abordar específicamente este problema.

Palabras clave: Antioxidantes, Especies Reactivas de Oxígeno, Entrenamiento Físico.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento humano é um processo natural, progressivo e irreversível que está fortemente atrelado a alterações relacionadas aos domínios corporais e alterações na adaptação ao meio ambiente, que dependendo de como esse processo está ocorrendo, podem surgir no decorrer do mesmo, patologias que comprometem a qualidade de vida do idoso (SILVA WJM e FERRARI CKB, 2011). Alguns estudos constatarem que essas alterações são tratadas como patologias, algo que acontece pelo próprio idoso por não compreender que o envelhecimento é um processo fisiológico e natural do homem. Essas alterações de sistemas fisiológicos que estão associadas a senescência são identificadas como alterações cutâneas, musculoesqueléticas, neurológicas, dos órgãos sensoriais e do sistema reprodutor (RIBEIRO LCC, et al., 2009).

Alterações a níveis moleculares também estão relacionadas ao envelhecimento, tais como: instabilidade genômica, desgaste dos telômeros, senescência celular resposta do sistema imune do envelhecimento e disfunção mitocondrial com a ação das espécies reativas de oxigênio (EROs) (SILVA MM e SILVA VH, 2005). Devido a essa característica multifatorial existem diversas teorias para explicar o envelhecimento humano, mas, uma ideia que se tornou bastante utilizada e estudada foi a teoria dos radicais livres, que explica o envelhecimento a partir de uma perspectiva por meio de danos causados ao metabolismo mitocondrial. Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) causam danos irreversíveis às células, danos esses que por meio do sistema antioxidante podem ser atenuados, todavia, quando existe um desequilíbrio entre a formação das EROs e a detoxificação das mesmas, surge o estresse oxidativo (MORAES C e SAMPAIO RC, 2010).

As EROs não são substâncias que a produção deve ser apenas evitada, uma vez que a síntese das mesmas pode estar associada à diversas funções nas células, além de poder contribuir para uma melhor ativação do sistema antioxidante, nesse viés, as mitocôndrias se mostram como organelas principais na formação das EROs, uma vez que nas mesmas o consumo oxigênio (O₂) e o fluxo de elétrons pode ser maior, assim existindo uma maior produção de radicais livres, exercícios prolongados com alta intensidade podem contribuir para o estresse oxidativo, pois, a produção das EROs pode ser estimulada em demasia devido ao maior consumo de O₂ em alguns exercícios. Todavia, no aparato antioxidante, através de uma alimentação equilibrada associada a uma rotina de exercícios físicos moderados e adaptados à individualidade de cada pessoa, é possível promover saúde e contribuir para produção de algumas enzimas antioxidantes (PETRY ÉR, et al., 2010).

Apesar de haver perspectivas variadas a respeito dessa temática, acredita-se que o exercício físico se praticado da maneira correta e combinado com variadas formas de execução pode ser interessante no combate ao estresse oxidativo (THIRUPATI A, et al., 2021). Quando trata-se do processo de envelhecimento humano, a relação com o estresse oxidativo se estreita ainda mais, uma vez que a senescência possui relação direta com a frequência da prática de exercício físico, visto que a resistência ao estresse oxidativo pode sofrer intervenção do exercício, que fortalece o sistema de defesa antioxidante, a partir da sinalização para uma maior produção de substâncias antioxidantes, estabelecendo uma relação com o fortalecimento desse sistema, mostrando-se ser uma alternativa na minimização ao desafio oxidativo (DONE AJ e TRAUSTADÓTTIR T, 2016).

Em indivíduos idosos, aspectos deletérios podem, de alguma forma, ser diminuídos ou até mesmo retardados, pois, a depender da intensidade da atividade física, pode haver a regulação de algumas funções bioquímicas e do sistema antioxidante, aludindo assim, para uma perspectiva “antienvelhecimento”. Outrora,

uma análise bem aprofundada é fundamental, uma vez que a faixa etária em que o idoso se encontra, estilo de vida e fatores biológicos individuais, podem influenciar no estresse oxidativo, além de impactar na produção de enzimas como Catalase (CAT), Glutathione Peroxidase (GPx), dentre outras pertencentes ao sistema antioxidante (KOZAKIEWICZ M, et al., 2019). O exercício físico, especificamente o Treinamento resistido (TR) a exemplo, pode ser interessante, pois, além de influenciar de maneira positiva no Redox nos músculos esqueléticos em idosos, atua também na diminuição da peroxidação lipídica (MESQUITA PHC, et al., 2021). Sendo assim, por haver visões diversificadas a respeito do estresse oxidativo, idosos e exercício físico, esta pesquisa tem por finalidade discorrer sobre a influência da prática do exercício físico realizado por idosos e sua relação com o estresse oxidativo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estresse Oxidativo

A instabilidade sistêmica entre a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade antioxidante é conhecida como estresse oxidativo. Se as quantidades de EROs não estiverem em níveis adequados, podem resultar em lesão nas membranas das células, macromoléculas, DNA e RNA. Tal desequilíbrio pode ocorrer devido à redução de funções das enzimas antioxidantes em indivíduos que possuem hipertensão, por exemplo, sendo de suma importância o controle de tal processo, principalmente durante o envelhecimento, uma vez que é um período em que há um maior risco para o surgimento de diversas patologias (YU Y, et al., 2018).

O estado redox normal das células proporciona a manutenção e defesa adequadas contra o meio extracelular extremamente oxidante, alterações nesse estado podem desencadear efeitos negativos nas células, pois, essas, estarão mais susceptíveis aos danos provocados pelos radicais livres e peróxidos. Tal condição ocasiona aumento no estresse oxidativo, que é responsável pelo desenvolvimento de grande parte das doenças crônicas, colabora para a disfunção endotelial e leva ao enrijecimento das grandes artérias. Entre os principais fatores responsáveis por essa desregulação, estão os hábitos alimentares, a poluição do ambiente e o nível de atividade física (CARRARO E, et al., 2018; PADILHA CS, et al., 2015).

Sabe-se que a prática de exercício físico é responsável por diversas alterações no organismo, que, a depender da intensidade e frequência, pode resultar em melhora da função, nenhuma alteração ou até mesmo em danos (SOARES JP, et al., 2015).

Entretanto, a prática adequada de exercícios físicos é uma das formas de inibir o estresse oxidativo, além de beneficiar a saúde cardíaca, a circulação coronariana e endotelial (YU Y, et al., 2018). Ademais, foi evidenciado que o exercício aeróbico pode diminuir a quantidade de marcadores de estresse oxidativo e aperfeiçoar o sistema de defesa antioxidante no sangue (CEBULA A, et al., 2017).

Alterações fisiológicas inerentes a senescência

Durante o processo de envelhecimento, ocorrem diversas alterações que são, em grande parte, determinadas pelo estilo de vida do indivíduo. Entre elas está a redução da massa magra e força muscular, que causa grande impacto na qualidade de vida dos idosos, uma vez que dificulta a realização de atividades do cotidiano, tornando-os mais dependentes, além de aumentar o número de quedas, hospitalização e mortalidade. Ademais, a senescência é um fator de risco prevalente para doenças cardiovasculares, alterações estruturais, funcionais a nível vascular, deterioração cognitiva e fragilidade. Apesar dos aspectos vasculares relacionados a senescência não terem sido totalmente esclarecidos, evidenciou-se que o estresse oxidativo e a inflamação crônica de baixo grau são considerados relevantes contribuintes para a disfunção vascular relacionada ao envelhecimento (EL ASSAR M, et al., 2022).

Estudos mostraram que pessoas mais velhas sofrem constantes ataques por EROs. Tais ataques são evidenciados pelo aumento da chamada peroxidação lipídica, oxidação de proteínas e redução da capacidade antioxidante que acometem os idosos (PADILHA CS, et al., 2015). Além disso, o envelhecimento também é caracterizado pelo declínio significativo na tolerância a estressores oxidativos agudos, que parecem colaborar

para o aumento não só da morbidade, como também da mortalidade em idosos. Todavia, a perda da resistência ao estresse oxidativo relacionada à idade, pode ser alterada em pessoas mais velhas que se exercitam de forma regular, uma vez que elas possuem um maior limiar de resistência ao estresse oxidativo do que pessoas sedentárias, indicando que o exercício tem um papel de extrema importância nesse processo. Dessa forma, entender mais a fundo como aumentar a capacidade de lidar com tais estressores é de grande relevância para um envelhecimento bem-sucedido e para prevenir doenças que surgem com a idade (DONE AJ e TRAUSTADÓTTIR T, 2016).

Exercício Físico e Estresse Oxidativo

Exercícios físicos variados e com frequência calculada podem ser benéficos, já que, dependendo da constância e modalidade, se mostram como uma forte ferramenta em impactar beneficemente alguns biomarcadores de estresse oxidativo, como exemplo, na diminuição da peroxidação lipídica, na diminuição de algumas substâncias ligadas a mesma, como a proteína 4-HNE, no sistema antioxidante e no controle a patologias crônicas (YU Y, et al., 2018).

Além do mais, especificamente o treinamento de força, conhecido também como treinamento resistido (TR), se mostrou eficiente em reduzir o estresse oxidativo, levando em consideração que o mesmo pode aumentar a vasodilatação e influenciar na função cardiovascular, pois, pode haver a diminuição da Pressão Arterial Diastólica (PAD) e o aumento do fluxo sanguíneo (DANTAS FFO, et al., 2016). Porém quando praticado em intensidades altas, o estresse oxidativo pode ser desencadeado, pois devido à alta ingestão de O₂ nessa modalidade, a probabilidade de escape de elétrons na cadeia transportadora de elétrons aumenta, fazendo com que o O₂ que é acceptor final receba quantidades inapropriadas de elétrons tornando-se reativos, aumentando o número de radicais livres (NETO JMFA, 2012; TELES M e MACHADO FA, 2008).

Além disso, o estresse oxidativo possui ligação também com o estilo de vida, logo, uma alimentação saudável e bons hábitos diários como dormir bem, evitar locais com muita poluição do ar, tomar quantidade adequada de água dentre outros, influenciam diretamente em minimizar o surgimento de algumas enfermidades, concomitantemente a essa perspectiva, a Doença Renal Crônica (DRC) na qual ocorre lesão e perda da função dos rins corroborando para o acúmulo de resíduos, possui ligação com o estresse oxidativo que pode ocorrer especificamente neste órgão favorecendo a perda progressiva de sua função, entretanto fazer o acompanhamento do estresse oxidativo se torna desafiador devido a algumas características próprias. A prática de exercício físico causa adaptações fisiológicas a longo prazo como, melhora do condicionamento físico e do consumo de volume de oxigênio máximo (VO₂), no entanto, com relação aos biomarcadores de estresse oxidativo, alguns estudos concluíram que não houveram grandes mudanças. Visto que, houve aumento de uma enzima muito importante presente no sistema antioxidante, chamada de Glutathione Peroxidase (GPx), todavia isso indica que a produção de EROs também pode ter aumentado por consequência (SMALL DM, et al., 2017).

De maneira geral o exercício físico é responsável por aumentar o trabalho enzimático, sendo as enzimas antioxidante também influenciadas como, por exemplo, o aumento derivado do treinamento da expressão da Glutathione reduzida (GSH) (TELES M e MACHADO FA, 2008) e a expressão aumentada da superóxido dismutase (SOD) (KOZAKIEWICZ M, et al., 2015).

Porém, as alterações tanto da Glutathione quanto de outros antioxidantes, variam de acordo com as regiões musculares e tipos de estímulos (TELES M e MACHADO FA, 2008). É válido ressaltar também que, a biogênese mitocondrial é o mecanismo essencial responsável pela adaptação intracelular ao aumento do consumo bioenergético, amenizando o aumento de EROs causado pelo exercício (BENEDITO P, 2015).

Ademais, uma doença que possui relação com o estresse oxidativo é a obesidade, que pode afetar o indivíduo independentemente da idade e sua causa se dar por diversos fatores. Essa patologia está associada, muitas vezes, aos altos níveis de produção de EROs, o que pode causar e/ou aumentar o desequilíbrio entre as EROs e o sistema antioxidante, favorecendo o estresse oxidativo. O exercício físico, com a intensidade correta, além de contribuir para o combate a essa e a outras patologias, pode influenciar em respostas fisiológicas (melhora da circulação sanguínea e capacidade aeróbica), influencia no dano as

proteínas, na melhora da inflamação e estresse oxidativo (MEDEIROS NS, et al., 2015; PARK KS e NICKERSON BS, 2022).

Já quando se trata de alimentação, estudos mostram que uma alimentação contendo dipeptídeos pode influenciar no estresse oxidativo, pois, o exercício físico, quando intenso, pode aumentar as EROs, como o peróxido de hidrogênio e as espécies Reativas de Nitrogênio. Sendo assim, os dipeptídeos podem auxiliar na recuperação muscular, além de ajudarem no viés antioxidante (ZEMBRON-LACNY A, et al., 2022).

O exercício físico, como a caminhada, por exemplo, pode melhorar a condição vascular e influenciar no estresse oxidativo quando surge como uma ferramenta importante no aparato antioxidante (BROWN M, et al., 2018). Acredita-se que as EROs são especificamente produzidas nas mitocôndrias, mas, não necessariamente sempre serão produzidas nessa organela. As EROs não mitocondriais também podem influenciar no exercício físico (SHILL DD, et al., 2016). Além disso, a peroxidação lipídica pode sofrer impacto dependendo do exercício e a suplementação de vitamina C pode auxiliar durante e após o exercício, corroborando assim para a diminuição desse biomarcador de estresse oxidativo (BOONTHONGKAEW C, et al., 2021).

Exercício físico, idosos e estresse oxidativo.

Diversos declínios fisiológicos ocorrem mediante o passar dos anos (idade cronológica), uma vez que o envelhecer é um processo natural e irreversível. Dentre as alterações que ocorrem na senescência estão a perda da capacidade funcional, massa muscular e redução da força, com isso o idoso fica mais suscetível à diversas complicações. As EROs podem impactar na perda de massa muscular e, conseqüentemente, na perda de força, bem como afetar os demais domínios do corpo humano, isso porque a capacidade oxidativa pode ficar prejudicada, uma vez que o sistema antioxidante pode não estar fortalecido. O exercício físico quando executado analisando e assegurando a individualidade do idoso, pode afetar de maneira positiva no sistema antioxidante, induzindo a uma série de adaptações. O exercício físico, de forma mais específica, como o treinamento de força (TF), pode induzir o corpo a produzir mais substâncias antioxidantes, isso porque o aumento da produção EROs pode servir como um *start*, além de melhorar a capacidade oxidativa durante a senescência (ADELNIA F, et al., 2019; PADILHA CS, et al., 2015).

A formação de EROs pode não estar ligada necessariamente só à mitocôndria, mas sim, à produção de Xantina Oxidase e NADPH Oxidase, uma enzima composta por várias subunidades que funcionam juntas a fim de gerar EROs. A suplementação de MitoQ, uma substância que fornece aporte antioxidante é uma alternativa a ser utilizada, no entanto estudos mostram que a mesma, pode não ser bem aproveitada, pois, durante o exercício físico, as EROs não associadas à mitocôndria impedem que o MitoQ seja um modulante eficiente. Por outro lado, uma dieta restritiva caloricamente sem suplementação de vitamina C e MitoQ pode ter uma relação favorável com o exercício e o desempenho físico quando executada em curto prazo, além do mais pode influenciar na expressão de algumas substâncias ligadas ao sistema antioxidante. Entretanto, com idosos, essa relação ainda precisa ser mais estudada (SHILL DD, et al., 2016; CAPÓ X, et al., 2020).

Ainda com base na produção de EROs, é necessário levar em consideração fatores diversos como a poluição e alimentação, que podem afetar no desequilíbrio oxidativo, a atividade física pode impactar benéficamente no estresse oxidativo. Todavia, são fundamentais estudos mais aprofundados de exercícios com diferentes intensidades para analisar melhor a relação com o sistema pró-oxidante e antioxidante. Outro ponto importante é o gênero de indivíduos idosos e sua relação com o risco de patologias cardiovasculares, pois, possuem relação com o estresse oxidativo por fatores bioquímicos, além disso, o nível de complacência mais baixo em idosos pode ter relação direta com rigidez arterial e aumento oxidativo (CARRARO E, et al., 2018; RABERIN A, et al., 2020).

Tendo como base uma perspectiva mais abrangente, quando se trata de um raciocínio que envolve uma possível metilação do DNA, por exemplo, a mesma pode ter também influência na resistência ao estresse oxidativo quando associado à atividade física em indivíduos idosos (SAILANI MR, et al., 2019). Além disso, a atividade física interfere no comprimento dos telômeros, que não devem servir apenas como um marcador de envelhecimento, pois, estão associados à diversas patologias, e nesse viés, quando relacionados à

atividade/exercício físico apresentam efeito contra o encurtamento do mesmo. A visão que EROs são sempre prejudiciais deve ser analisada cuidadosamente, pois, esse raciocínio limita os radicais livres e os submete a uma perspectiva totalmente negativa, quando na verdade, os mesmos podem ter relação positiva em doses baixas com o aumento do comprimento de alguns telômeros. Todavia, em excesso, esse desbalanço oxidativo causa danos ao DNA celular. Outrossim, em mulheres mais velhas com menopausa, a alimentação em conjunto com a atividade física pode ser benéfica e as substâncias antioxidantes estão, de alguma maneira, ligadas ao estresse oxidativo influenciando positivamente nos telômeros por consequência (ARSENIS NC, et al., 2017; ANDERSON C, et al., 2016).

Tratando-se de uma patologia, como a Insuficiência Cardíaca (IC), que atinge pessoas de todo o mundo, o estresse oxidativo em demasia pode acentuar o agravamento da mesma, já que o exercício apropriado vai induzir uma série de adaptações fisiológicas. Todavia, é importante levar em consideração a modalidade dos exercícios e analisar se serão benéficos ou não em indivíduos mais idosos com IC (SHIBATA A, et al., 2021; YOKOTA T, et al., 2021).

Por outro lado, patologias como a depressão e a ansiedade podem acometer diversos indivíduos incluindo os idosos e parecem ter relação bem íntima com o estresse oxidativo. Alguns estudos chegaram à conclusão que uma modalidade de exercício que é válida para desempenhar um bom papel na diminuição do dano oxidativo, nos níveis de depressão e ansiedade, seria o exercício aquático. Com base nessa perspectiva, o mesmo praticado em intensidade baixa, se mostrou benéfico, pois, mostrou aumentar algumas enzimas antioxidantes como o Superóxido Dismutase (SOD), além de melhorar a liberação de neurotransmissores e a capacidade funcional do idoso, bem como diminuir os sintomas depressivos e ansiosos (SILVA, et al., 2019). Ademais, analisando a via metabólica, a mesma é trabalhada e mudada por uma simples atividade física como a aquática, por exemplo, influenciando consequentemente no estresse oxidativo (CONTREPOIS K, et al., 2020).

O idoso pode ter a sua capacidade funcional limitada com o passar dos anos, porém, o exercício físico pode auxiliar na melhora desse quadro. O treinamento combinado mostrou-se como um excelente indutor de maior produção de antioxidantes em idosos, pois, além de induzir uma série de melhoras na força, o exercício combinado de forma aguda produz maior resistência contra o dano oxidativo (SOARES JP, et al., 2015).

Um treinamento, como a caminhada nórdica, aponta para redução da gordura corporal e defende a ideia de maior resistência ao estresse oxidativo devido à capacidade antioxidante, que melhora quando o corpo tem que se adaptar a uma moderada produção de Espécies Reativas de Oxigênio e Nitrogênio (CEBULA Á, et al., 2017). Partindo para outra patologia, como a hipertensão arterial em idosos, a relação da mesma com o exercício físico parece ser benéfica, devido às questões envolvendo o óxido nítrico e, como já citado anteriormente, à melhora do sistema antioxidante (JACOMINI AM, et al., 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exercício físico possui diversas modalidades, bem como diferentes vias metabólicas e características, como intensidade e frequências variáveis. Nesse viés, idosos que praticam exercícios diversos se beneficiam tanto de adaptações fisiológicas agudas como também crônicas. Todavia, no aparato antioxidante, esse sistema é estimulado positivamente na produção de enzimas antioxidantes impactando em biomarcadores oxidativos, os quais possuem relação direta com estresse oxidativo. Contudo, uma análise mais aprofundada é fundamental, pois, apesar do exercício físico ser benéfico para idosos em alguns aspectos como melhora da capacidade funcional, força muscular, massa magra e combate à múltiplas patologias, a relação entre a influência do exercício no estresse oxidativo ainda é uma temática específica que deve ser mais estudada.

REFERÊNCIAS

1. ADELNIA F, et al. Moderate-to-vigorous physical activity is associated with higher muscle oxidative capacity in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2019; 67(8): 1695-1699.

2. ANDERSON C, et al. Oxidative stress in relation to diet and physical activity among premenopausal women. *British Journal of Nutrition*, 2016; 116(8): 1416-1424.
3. ARSENIS NC, et al. Physical activity and telomere length: Impact of aging and potential mechanisms of action. *Oncotarget*, 2017; 8(27): 45008.
4. BENEDITO P. Mitochondrial biogenesis and physical exercise: electric-transcriptional coupling hypothesis. *Ver Bras Educ Fís Esporte*, 2015; 29(4): 687-703.
5. BOONTHONGKAEW C, et al. Vitamin C supplementation improves blood pressure and oxidative stress after acute exercise in patients with poorly controlled type 2 diabetes mellitus: A randomized, placebo-controlled, cross-over study. *Chinese Journal of Physiology*, 2021; 64(1): 16.
6. BROWN M, et al. The acute effects of walking exercise intensity on systemic cytokines and oxidative stress. *European Journal of Applied Physiology*, 2018; 118(10): 2111-2120.
7. CAPÓ X, et al. Calorie restriction improves physical performance and modulates the antioxidant and inflammatory responses to acute exercise. *Nutrients*, 2020; 12(4): 2-15.
8. CARRARO E, et al. Physical activity, lifestyle factors and oxidative stress in middle age healthy subjects. *International journal of environmental research and public health*, 2018; 15(6): 2-11.
9. CEBULA Á, et al. Effects of 6-week Nordic walking training on body composition and antioxidant status for women > 55 years of age. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 2017; 30(3): 445-454.
10. CONTREPOIS K, et al. Molecular choreography of acute exercise. *Cell*, 2020; 181(5): 1112-1130.
11. DANTAS FFO, et al. Efeito do treinamento de força sobre o estresse oxidativo e a correlação do mesmo com vasodilatação do antebraço e pressão arterial de idosas hipertensas: ensaio clínico randomizado. *PloS One*, 2016; 11(8): e0161178.
12. DONE AJ e TRAUSTADÓTTIR T. Aerobic exercise increases resistance to oxidative stress in sedentary older middle-aged adults. *Age*, 2016; 38 (5): 505-512.
13. EL ASSAR M, et al. Effect of Physical Activity/Exercise on Oxidative Stress and Inflammation in Muscle and Vascular Aging. *International Journal Molecular Sciences*, 2022; 23(15).
14. JACOMINI AM, et al. Training status as a marker of the relationship between nitric oxide, oxidative stress, and blood pressure in older adult women. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016.
15. KOZAKIEWICZ M, et al. Relation of moderate physical activity with blood markers of oxidative stress and antioxidant defense in the elderly. *Oxidative medicine and cell longevity*, 2019.
16. MEDEIROS NS, et al. Effects of concurrent training on oxidative stress and insulin resistance in obese individuals. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2015: 2-6.
17. MESQUITA PHC, et al. Effects of resistance training on the redox status of skeletal muscle in older adults. *Antioxidants*, 2021; 10(3): 2-13.
18. MORAES C e SAMPAIO RC. Oxidative stress and aging: role of physical exercise. *Motriz Rev Educ Fis*, 2010; 506-515.
19. NETO JMFA. Formação de espécies reativas de oxigênio e exercício físico. *Lecturas: Educación física y deportes*, 2012; 17(168).
20. PADILHA CS, et al. Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. *Age*, 2015; 37(5): 1-9.
21. PARK KS e NICKERSON BS. O exercício aeróbico é um determinante independente dos níveis de inflamação e estresse oxidativo em mulheres obesas de meia-idade. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2022; 18(1): 43.
22. PETRY ÉR, et al. Exercício físico e estresse oxidativo: mecanismos e efeitos. *R Bras Ci Movi*, 2010; 18(4): 90-9.
23. RABERIN A, et al. Role of gender and physical activity level on cardiovascular risk factors and biomarkers of oxidative stress in the elderly. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020.
24. RIBEIRO LCC, et al. Percepção dos idosos sobre as alterações fisiológicas do envelhecimento. *Ciência, cuidado e saúde*, 2009; 8(2): 220-227.
25. SAILANI MR, et al. Lifelong physical activity is associated with promoter hypomethylation of genes involved in metabolism, myogenesis, contractile properties and oxidative stress resistance in aged human skeletal muscle. *Scientific reports*, 2019; 9(1): 1-11.
26. SHIBATA A, et al. Increased oxidative stress during exercise predicts poor prognosis in patients with acute decompensated heart failure. *ESC heart failure*, 2021; 8(5): 3885-3893.
27. SHILL DD, et al. Mitochondria-specific antioxidant supplementation does not influence endurance exercise training-induced adaptations in circulating angiogenic cells, skeletal muscle oxidative capacity or maximal oxygen uptake. *The Journal of Physiology*, 2016; 594(23): 7005-7014.
28. SILVA LA, et al. Effects of aquatic exercise on mental health, functional autonomy and oxidative stress in depressed elderly individuals: A randomized clinical trial. *Clinics*, 2019; 74: 1-7

29. SILVA MM e SILVA VH. Envelhecimento: importante fator de risco para o câncer. *Arquivos médicos do ABC*, 2005; 30(1): 11-18.
30. SILVA WJM e FERRARI CKB. Mitochondrial metabolism, free radicals and aging. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 2011; 14(3):441-451.
31. SMALL DM, et al. Effects of exercise and lifestyle intervention on oxidative stress in chronic kidney disease. *Redox Report*, 2017; 22(3): 127-136.
32. SOARES JP, et al. Effects of combined physical exercise training on DNA damage and repair capacity: role of oxidative stress changes. *Age*, 2015; 37(3): 1-12.
33. TELES M e MACHADO FA. A influência do exercício físico e dos sistemas antioxidantes na formação de radicais livres no organismo humano. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 2008; 3(1): 40-49.
34. THIRUPATI A, et al. Effect of different exercise modalities on oxidative stress: a systematic review. *BioMed Research International*, 2021; 2-10.
35. YOKOTA T, et al. Systemic oxidative stress is associated with lower aerobic capacity and impaired skeletal muscle energy metabolism in heart failure patients. *Scientific reports*, 2021; 11(1): 1-8.
36. YU Y, et al. Association between physical exercise and biomarkers of oxidative stress among middle-aged and elderly community residents with essential hypertension in China. *BioMed research international*, 2018; 2-11.
37. ZEMBRON-LACNY A, et al. Dipeptide Extract Modulates the Oxi-Antioxidant Response to Intense Physical Exercise. *Nutrients*, 2022; 14(12): 2-11.